



|  |           |  |
|--|-----------|--|
| <p>(51) 国際特許分類6<br/>H01S 3/06, 3/081</p>   | <p>A1</p> | <p>(11) 国際公開番号<br/>WO97/38473</p> <p>(43) 国際公開日<br/>1997年10月16日(16.10.97)</p>  |
| <p>(21) 国際出願番号<br/>PCT/IP97/01195</p> <p>(22) 国際出願日<br/>1997年4月8日(08.04.97)</p> <p>(30) 優先権データ<br/>特願平8/110556 1996年4月8日(08.04.96) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)<br/>ファナック株式会社(FANUC LTD.)(JP/JP)<br/>〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地<br/>Yamanashi, (JP)</p> <p>(72) 発明者：および</p> <p>(75) 発明者／出願人 (米国についてのみ)<br/>家久信明(IEHISA, Nobuaki)(JP/JP)<br/>〒411 静岡県三島市東老町田2-2 Shizuoka, (JP)<br/>佐藤雅夫(SATO, Masao)(JP/JP)<br/>〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3494-2<br/>ファナックマンションハリモミ14-308 Yamanashi, (JP)</p> <p>(74) 代理人<br/>弁理士 竹本松司, 外(TAKEMOTO, Shoji et al.)<br/>〒105 東京都港区虎ノ門1丁目23番10号<br/>山縣ビル2階 Tokyo, (JP)</p>  |           | <p>(81) 指定国 US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類<br/>国際調査報告書</p> |
| <p>(54)Title: SLAB LASER OSCILLATOR</p> <p>(54)発明の名称 スラブ型固体レーザー発振装置</p> <div data-bbox="406 1197 1104 1659"> </div> <p>(57) Abstract</p> <p>A slab laser oscillator provided with a slab laser medium (1) of a YAG laser crystal having both end faces (11a and 11b) cut to meet the Brewster's condition. A reflecting mirror (4) is provided on one end face side of the medium (1) and a partial reflection mirror (2) and a total reflection mirror (3) are adjacently arranged in inclined states on the other end face side. A zigzag light path where the laser beam repeats total reflection is formed in the cross section of the medium (1) cut in the thickness direction and a laser beam so travels that the beam can obliquely traverse the cross section of the medium (1) cut in the width direction. Therefore, the phase shift of the laser beam traveling through the medium (1) caused by the refractive index gradient in the medium (1) is small and the quality deterioration of the output beam of the laser oscillator in the width direction is prevented.</p> |           |  |

(57) 要約

厚み方向断面内で、両端面（11a, 11b）をブリュースタ条件を満たすようにカットしたYAGレーザ結晶からなるスラブ型レーザ媒質（1）を備えたスラブ型固体レーザ発振装置に関する。

スラブ型レーザ媒質（1）の一方の端面側には折返し鏡（4）が配置され、他方の端面側には部分反射鏡（2）と全反射鏡（3）が互いに隣接且つ傾斜して配置されている。スラブ型レーザ媒質（1）の内部の厚み方向断面内では全反射を繰り返すジグザク光路が形成され、幅方向断面内ではレーザ光がスラブ型レーザ媒質（1）の幅方向断面を斜めに横切るように進行する。

これによって、スラブ型レーザ媒質（1）内を進行するレーザ光は、レーザ媒質内の屈折率勾配に起因する位相のずれが小さくなり、幅方向に関して出力ビームの品質低下が回避される。

参考情報

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に記載されたPCT加盟国を特定するために使用されるコード

|    |              |    |             |    |          |    |            |
|----|--------------|----|-------------|----|----------|----|------------|
| AL | アルバニア        | ES | スペイン        | LR | リベリア     | SG | シンガポール     |
| AM | アルメニア        | FI | フィンランド      | LS | レソト      | SI | スロヴェニア     |
| AT | オーストリア       | FR | フランス        | LT | リトアニア    | SK | スロヴァキア共和国  |
| AU | オーストラリア      | GA | ガボン         | LU | ルクセンブルグ  | SL | シエラレオネ     |
| AZ | アゼルバイジャン     | GB | 英国          | LV | ラトヴィア    | SN | セネガル       |
| BA | ボスニア・ヘルツェゴビナ | GE | グルジア        | MC | モナコ      | SZ | スワジランド     |
| BB | バルバドス        | GH | ガーナ         | MD | モルドヴァ共和国 | TD | チャド        |
| BE | ベルギー         | GM | ギニア         | MG | マダガスカル   | TG | トーゴ        |
| BF | ブルキナ・ファソ     | GN | ギニア         | MK | マケドニア共和国 | TJ | タジキスタン     |
| BG | ブルガリア        | GR | ギリシャ        |    | ラヴィア共和国  | TM | トルクメニスタン   |
| BJ | ベナン          | HU | ハンガリー       | ML | マリ       | TR | トルコ        |
| BR | ブラジル         | ID | インドネシア      | MN | モンゴル     | TT | トリニダード・トバゴ |
| BY | ベラルーシ        | IE | アイルランド      | MR | モーリタニア   | UA | ウクライナ      |
| CA | カナダ          | IL | イスラエル       | MW | マラウイ     | UG | ウガンダ       |
| CF | 中央アフリカ共和国    | IS | アイスランド      | MX | メキシコ     | US | 米国         |
| CG | コンゴ          | IT | イタリア        | NE | ニジェール    | UZ | ウズベキスタン    |
| CH | スイス          | JP | 日本          | NL | オランダ     | VN | ヴェトナム      |
| CI | コート・ジボアール    | KE | ケニア         | NO | ノルウェー    | YU | ユーゴスラビア    |
| CM | カメルーン        | KG | キルギスタン      | NZ | ニュージーランド | ZW | ジンバブエ      |
| CN | 中国           | KP | 朝鮮民主主義人民共和国 | PL | ポーランド    |    |            |
| CU | キューバ         | KR | 大韓民国        | PT | ポルトガル    |    |            |
| CZ | チェコ共和国       | KZ | カザフスタン      | RO | ルーマニア    |    |            |
| DE | ドイツ          | LC | セントルシア      | RU | ロシア連邦    |    |            |
| DK | デンマーク        | LJ | リヒテンシュタイン   | SD | スーダン     |    |            |
| EE | エストニア        | LK | スリランカ       | SE | スウェーデン   |    |            |

## 明 細 書

## スラブ型固体レーザー発振装置

## 技 術 分 野

本発明は、レーザー加工装置等に搭載して使用される固  
5 体レーザー発振装置に関する。

## 背 景 技 術

YAGレーザーのような固体レーザー発振装置は、高出力  
で安定したレーザービームが得られることから、金属ある  
いは非金属の材料の切断、溶接などを行なうレーザー加工  
10 装置等に広く使用されている。図4a及び図4bは、従  
来のスラブ型固体レーザー発振装置を、互いに直交する2  
つの方向から見た断面図である。

併記した座標系は、方向を指示するためのもので、x  
軸はスラブ型レーザー媒質の厚み方向、y軸はその幅方向、  
15 z軸はその長手方向を表わす。従って、図4a及び4b  
中、Tはスラブ型レーザー媒質（レーザー結晶）の厚みを表  
わし、Dは幅を表わす。なお、「厚み方向」、「幅方  
向」の呼称は便宜的なものであり、スラブ型レーザー媒質  
の長手軸に垂直な矩形断面の向い合う一対の辺の延在方  
20 向を厚み方向とすれば、他の一対の辺の延在方向が幅方  
向となる。

厚みT、幅Dを有するスラブ型レーザー媒質（例えば、  
YAGレーザー結晶）1はクリプトンランプ、半導体レー  
ザ等からなる励起光源（図示省略）と共に内面を高光反  
25 射率としたリフレクタ（図示省略）内に配置されている。

図 4 a 中に矢印群 10 で記したように、スラブ型レーザ媒質 1 は励起光源からの直接光あるいはリフレクタによる反射を経た光からなる励起光によって励起される。

スラブ型レーザ媒質 1 の両側方には部分反射鏡 2 及び全反射鏡 3 が配置され、ファブリペロー型の光共振器が構成される。光共振器の効率を高く保つために、スラブ型レーザ媒質 1 の両端面 11 a 及び 11 b は、ブリュースタ条件をほぼ満たす角度を持たせて厚み方向（x 軸方向）に関して斜めにカットされている。

この例では、部分反射鏡 2、スラブ型レーザ媒質 1、全反射鏡 3 が一直線上に並ぶ配置がとられ、スラブ型レーザ媒質 1 の中心軸 6 の延長線上に、反射鏡 2 及び 3 がその反射面を正対し合う関係で配置されている。また、部分反射鏡 2 及び全反射鏡 3 は平面鏡として描かれているが、一方または両方を凹面鏡（例えば、凹球面鏡）とすることもあ

る。励起光 10 によってスラブ型レーザ媒質 1 がレーザ励起されて発生するレーザ光 9 は、反射鏡 2 と反射鏡 3 との間を往復しながらスラブ型レーザ媒質 1 内で増幅され、その一部が外部にレーザビーム出力 12 として取り出される。部分反射鏡 2 から外部に取り出されたレーザ出力 12 は、レーザ加工等の目的に供される。

レーザ励起されたスラブ型レーザ媒質 1 内では大量の熱が発生するので、これを除去する必要がある。これは、レーザ媒質として円柱状の断面を有するロッド型レ

ーザ結晶を用いた場合でも同様である。レーザー媒質内に発生する熱の除去には、一般に、冷却媒体（純水）をスラブ型レーザー媒質1（またはロッド型レーザー媒質）の表面に接触するように循環させる手法が用いられている。

- 5       ここで問題となるのは、レーザー媒質の表面部から中心部へ向かって内部に温度勾配が発生することである。温度勾配の発生は必然的に屈折率勾配の発生を伴う。このような屈折率勾配は、レーザービームの品質低下を招く原因となる。何故ならば、部分反射鏡2と全反射鏡3の間  
10       を往復する光がレーザー媒質内を通過する際の光学的光路長（屈折率を考慮した光路長）の均一性が低下するからである。即ち、相対的に低温（低屈折率）の表面付近を長く通過する光と相対的に高温（高屈折率）となっている中心軸6付近を長く通過する光では光学的光路長に差  
15       異が生じるため、実効的な共振器長が一定でなくなる。

- その結果、共振器内に存在する光の位相の均一性が低下し、発散性のレーザー光が出力されるようになる。このようなレーザー光は、集光光学系を通してエネルギー密度の高い微細なビームに絞ることが難しく、一般に、低い  
20       品質のレーザー光と見なされる。

- 仮に、レーザー媒質として円柱状の断面を有するロッド型レーザー結晶を用いたとすると、中心軸付近で屈折率が最も高く、周面部に近づくほど屈折率が低下するような、ほぼ同心円状の屈折率プロファイルが生まれる。その結果、  
25       円柱状の断面を有するロッド型レーザー結晶を通過し

た光束は、位相が揃わず、発散的なものとなる。

これに対して、レーザ媒質としてスラブ型レーザ結晶を用いた場合には、上記問題をある程度解決することが出来る。即ち、図4aに示したように、レーザ光がスラブ型レーザ媒質1内で全反射を繰り返してジグザグ状の光路が形成されるようにすることで、スラブ型レーザ媒質1内の高屈折率領域(中心軸6に近い領域)から低屈折率領域(表面付近)までまんべんなく光束が通過し、大きな光学的光路長差が発生し難くなる。

10      なお、スラブ型レーザ媒質1の両端面11a及び11bが傾斜している場合、その傾斜角がブリュースタ条件を満たしていなくともスラブ型レーザ媒質1内でジグザグ状の光路をとらせることは可能であり、それによって光学的光路長の均質化を図ることが出来る。また、ス  
15      ラブ型レーザ媒質1の両端面11a及び11bが傾斜していない場合であっても、両端面11a及び11bにおける入出射が斜めから行われるように部分反射鏡2と全反射鏡3を配置すれば、やはりスラブ型レーザ媒質1内でジグザグ状に全反射を繰り返す光路を形成し、レーザ光  
20      の品質を向上させることが出来る。

このような事情は、高出力の固体レーザ発振装置でスラブ型レーザ媒質が採用される理由にもなっている。しかし、図4bにおけるレーザ光9の描示からも判るように、スラブ型レーザ媒質1内の光路をジグザグにとれる  
25      のは、1方向(ここではx軸方向、即ち厚み方向)のみ

であり、それと垂直な幅方向（ $y$  軸方向）について同時に光路をジグザグにとることは出来ない。

スラブ型レーザ媒質 1 内の屈折率勾配は、当然、厚み方向だけでなく幅方向に関しても生じているから、上記  
5 の光路ジグザグ化の手法によるレーザ光の品質改善は、厚み方向（または幅方向）にしか期待出来ない。そのため、従来のスラブ型レーザ媒質を用いたレーザ発振器においては、出力レーザビームの可収束性（どれ位微細な  
10 ビームに絞ることが出来るかと言うこと）について、一つの方向（ $x$  軸方向または  $y$  軸方向）については良好であるが、これと垂直な方向（ $y$  軸方向または  $x$  軸方向）については十分でないという事態を生じていた。

この問題を解決するために、スラブ型レーザ媒質 1 の幅  $D$  を厚み  $T$  よりも十分に大きくし、幅方向に関して屈  
15 折率勾配の小さい中央部のみをレーザ発振に用いるという方法がある。しかし、この方法はレーザ媒質の大きさに対してレーザ増幅に使用出来る部分が小さくなる、言い換えれば、レーザ出力が同じでも相対的に大きなレーザ結晶が必要となるという問題点がある。

## 20 発 明 の 開 示

本発明の目的は、厚み方向だけでなく幅方向に関しても高い品質を持つレーザ光を出力出来るようにしたスラブ型レーザ発振装置を提供することにある。特に、レーザ増幅に使用されない部分を増大させずに、厚みと幅の  
25 両方向について高い品質を持つレーザ光を出力出来るよ

うにしたスラブ型レーザー発振装置を提供することにある。

本発明の固体レーザー発振装置は、光共振器内に配設した、NdをドープしたYAGレーザー結晶等からなるスラブ型レーザー媒質を、レーザー励起してレーザー出力を得るものであり、スラブ型レーザー媒質内部に生じる屈折率勾配の悪影響を減殺すべく、光共振器内に斜め折返し光路が形成される。

本発明によれば、光共振器は、スラブ型レーザー媒質の長手方向における一方の端面側に配設された折返し鏡と、スラブ型レーザー媒質の他方の端面側に互いに隣接し且つ傾斜して配設された部分反射鏡及び全反射鏡とを備える。折返し鏡、部分反射鏡及び全反射鏡は、折返し鏡を經由した部分反射鏡と全反射鏡との間の光路が、スラブ型レーザー媒質の長手軸に垂直な矩形断面の向かい合う一対の辺の延在方向に沿った第1の断面内に於いて長手軸を缺んで傾斜して形成されるように配置される。レーザー出力は、部分反射鏡から光共振器の外部に取り出される。

スラブ型レーザー媒質の光共振器内の配置位置は、スラブ型レーザー媒質の少なくとも50%の部分が光共振器内に形成される斜め折返し光路で占められるようなものであることが好ましい。この条件は、折返し鏡として球面鏡を使用し、部分反射鏡及び全反射鏡には平面鏡を使用した場合、 $u + s \leq (L + h) / 2$  で表現される。ここで、 $s$  はスラブ型レーザー媒質の長手方向長さ、 $u$  は球面鏡の反射面の中心とスラブ型レーザー媒質の相対的に近い



方の端面の間の距離、 $L$ は球面鏡の反射面の曲率半径、 $h$ は部分反射鏡と折返し鏡の間の光束通路と全反射鏡と折返し鏡の間の光束通路との重なり領域の、スラブ型レーザー媒質の長手方向に沿った長さである。

- 5 第1の断面と垂直な方向の第2の断面内においては、レーザー光は全反射を繰り返してジグザグ状の光路が形成される。スラブ型レーザー媒質の両端面は、第2の断面内において、ほぼブリュースタ条件を満たす角度を以て傾斜していることが好ましい。

10

#### 図面の簡単な説明

図1 a 及び1 b は、本発明の一実施例に係るスラブ型固体レーザー発振装置の2つの互いに直交する方向に沿った断面図、

- 15 図2 は、スラブ型レーザー媒質に対する折返し鏡、部分反射鏡及び全反射鏡の不適當な配置位置を示す図、

図3 は、スラブ型レーザー媒質の少なくとも50%を光束が通過し得る条件でスラブ型レーザー媒質に対して折返し鏡、部分反射鏡及び全反射鏡の配置を示す図、

- 20 図4 a 及び4 b は、スラブ型レーザー媒質を用いた従来の固体レーザー発振装置の2つの互いに直交する方向に沿った断面図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

- 図1 a 及び図1 b は本発明に従ったスラブ型レーザー発振装置の要部構造を示す。図1 a は、スラブ型レーザー媒質の厚み方向に沿った断面図、図1 b は、スラブ型レ
- 25

ザ媒質の幅方向に沿った断面図である。両断面図中に併記されている座標系は、図4 a 及び図4 b と同様に、スラブ型レーザ媒質の厚み方向（x 軸方向）、幅方向（y 軸方向）、及び長手方向（z 軸方向）を表わすためのものである。

本実施例で使用するスラブ型レーザ媒質1 は、従来装置と同様、キセノンランプ、半導体レーザ等からなる励起光源（図示省略）と共に内面を高光反射率としたリフレクタ（図示省略）内に配置されている。スラブ型レーザ媒質1 の具体例としては、Nd イオンをドープしたYAGレーザ結晶が好適である。YAGレーザ結晶1 のサイズの一例として、長さ  $s = 206 \text{ mm}$ 、厚み  $T = 6 \text{ mm}$ 、幅  $D = 25 \text{ mm}$  がある。

スラブ型レーザ媒質1 の両端面11 a 及び11 b は、ブリュースタ条件をほぼ満たす角度を持たせて厚み方向（x 軸方向）に関して斜めにカットされている。図1 a に矢印群10 で記したように、スラブ型レーザ媒質1 は励起光源からの直接光あるいはリフレクタによる反射を経た光からなる励起光によってレーザ励起される。スラブ型レーザ媒質1 が、レーザ共振器を構成するために複数の反射鏡（全反射鏡あるいは部分反射鏡）を用いた光共振器中に配置される点は、従来の個体レーザ発振装置と同様である。しかし、両図、特に図4 a に示されているように、光共振器の構成が従来装置とは異なっている。

即ち、スラブ型レーザ媒質1 の長手方向における一方

の端面 1 1 a 側に折返し鏡 4 を配置するとともに他方の端面 1 1 b 側に部分反射鏡 2 と全反射鏡 3 を並列傾斜配置し、それら部分反射鏡 2 と全反射鏡 3 の間を往復するとともに前記折返し鏡 4 で折り返される光路が形成されるようなファブリペロー型の光共振器を構成する。本実施例では、部分反射鏡 2 と全反射鏡 3 に平面鏡を用い、折返し鏡 4 に球面鏡を用いている。

折返し鏡に球面鏡 4 を用いて部分反射鏡（部分反射平面鏡）2 と全反射鏡（全反射平面鏡）3 の間でこのような折返し光路を形成するには、次の条件で各鏡を配置すれば良い。

I) 各鏡 2、3 及び 4 の厚み方向（x 軸方向）位置は整列関係を保持する。これにより、厚み方向断面について見る限り、図 1 a に示したような光路が形成される。即ち、スラブ型レーザ媒質 1 内部では厚み方向（x 軸方向）に振れて全反射を繰り返すジグザグ光路が形成され、スラブ型レーザ媒質 1 外部では厚み方向（x 軸方向）に振れが無く、長手方向（z 軸方向）に沿った光路が形成される。

II) 部分反射鏡 2 の反射面の中心点 7 と全反射鏡 3 の反射面の中心点 8 とを結ぶ直線とスラブ型レーザ媒質 1 の中心軸 6 との交点が、球面鏡 4 の反射面の曲率中心 Q に一致すること。

III) 両鏡 2 及び 3 の傾斜角  $\theta$  が、部分反射鏡 2 の反射面の中心点 7 において該反射面に立てた垂線と全反射鏡

3 の反射面の中心点 8 において該反射面に立てた垂線が球面鏡 4 の反射面の中心点 5 で交わるように設定されていること。

但し、部分反射鏡 2 と全反射鏡 3 の位置とそれに整合  
5 する傾斜角  $\theta$  の組合せは、設計的に選択し得ることに注意する必要がある。即ち、図 1 b から理解されるように、部分反射鏡 2 と全反射鏡 3 を並列傾斜配置し、折返し鏡 4 を介して両者間を往復する光路を形成すると、往復光路（部分反射鏡 2 と球面鏡 4 の間の光路と全反射鏡 3 と  
10 球面鏡 4 の間の光路）の間に欠み状の開きが生じる。一般に、傾斜角  $\theta$  が大きいとこの開きも大きくなる。

往復光路にこのような開きがあると、球面鏡（折返し鏡）4 に近い側に往復光路が重なる三角形状の重なり領域 20 が生じる一方、遠い側には三角形状の空白領域 30 が生じる。一般に、傾斜角  $\theta$  が大きくなる程、重なり領域 20 の長さ  $h$  が短くなり、空白領域 30 の長さ  $L - h$ （ $L$  は球面鏡 4 の曲率半径）は大きくなる。スラブ型  
15 レーザ媒質 1 を用いてレーザ発振を高効率で起こさせるには、重なり領域 20 内にスラブ型レーザ媒質 1 の多くの部分が収まるような配置が好ましい。  
20

そこで、本実施例では、スラブ型レーザ媒質 1 は、その全長  $s$  が、重なり領域 20 の長さ  $h$  内に収まるように配置した。また、図 1 b に示した如く、共振器内を往復する光束がスラブ型レーザ媒質 1 を通過する際に幅方向  
25 断面内を斜めにほぼ全幅  $W$  を横切るような光路をとるよ

うに、全体配置が設計されている。一例として、長さ  $s = 206 \text{ mm}$ 、厚み  $T = 6 \text{ mm}$ 、幅  $D = 25 \text{ mm}$  の Nd  
ドープ YAG レーザ結晶を用いて、このような条件を満  
たすように部分反射鏡 2、全反射鏡 3 の位置、傾斜角  $\theta$   
5 レーザ結晶 1 の位置等を調整したところ、 $L = 800 \text{ mm}$ 、 $u = 200 \text{ mm}$ 、 $h = 505 \text{ mm}$  となった。

この構成の下で、クリプトンランプを用いてスラブ型  
レーザ媒質 1 を励起したところ、レーザ出力は、連続発  
振、パルス発振いずれの条件においても最大で  $1 \text{ kW}$  の  
10 平均出力を得た。また、部分反射鏡 2 から出射される出  
力ビームのビーム品質を表わす指標として、ビームウェ  
ストとビーム全拡がり角の積を求めたところ、スラブ型  
レーザ媒質 1 の幅方向について  $80 \text{ mm} \cdot \text{mrad}$  であ  
った。比較のために、同じスラブ型レーザ媒質 1 を用い  
15 た従来装置について、上記指標を求めたところ、 $510$   
 $\text{mm} \cdot \text{mrad}$  であった。

このように、スラブ型レーザ媒質 1 の幅方向について  
ビーム品質を大幅に改善することが確かめられた。

このような構成によって幅方向のビーム品質が改善さ  
20 れる理由は、部分反射鏡 2 と全反射鏡 3 の間を往復する  
レーザビーム光束 9 は、そのどの部分をとっても、スラ  
ブ型レーザ媒質 1 の幅方向断面を斜めに横切るように進  
行する。即ち、スラブ型レーザ媒質 1 内の屈折率が相対  
的に高い領域のみ通過するビームや、逆に屈折率が相対  
25 的に低い領域のみ通過するビームが生じることが無くな

る。

その結果、レーザビーム光束9がスラブ型レーザ媒質1を通過する時に発生する位相のずれが全体として小さくなり、部分反射鏡2から出力として取り出されるレーザビーム12が非発散性となる。言い換えれば、冷却によってスラブ型レーザ媒質1内に発生する温度勾配による悪影響を幅方向（一般には、矩形断面の向かい合う一対の辺に対応した方向）について、レーザビームの品質低下が防止される。

図1 a 及び1 b に示した実施例では、スラブ型レーザ媒質1を全長 $s$ について重なり領域20の長さ $h$ 内に収まるように配置したが、実際上は、スラブ型レーザ媒質1の配置位置をある程度の部分反射鏡2あるいは全反射鏡3側へずれても差し支えない。しかし、図2に示したように、スラブ型レーザ媒質1全体が重なり領域20からはずれてしまうような配置は、明らかに不都合である。

そこで、部分反射鏡2と全反射鏡3に平面鏡を用い、折返し鏡4に反射面の曲率半径 $L$ の球面鏡を用いた場合について、計算上、スラブ型レーザ媒質1内の少なくとも50%を光束9が通過し得る条件を求めてみる。

図3は上記の条件に従った折返し鏡、部分反射鏡及び全反射鏡の配置を示す図で、斜線を施した2つの長方形は、スラブ型レーザ媒質1の軸6に関して対称な幅 $D/2$ （ $D$ はスラブ型レーザ媒質1の幅方向長さ）、長さ $s$ （ $s$ はスラブ型レーザ媒質1の長手方向長さ）の四辺形

を考え、その両側部を幅  $D/4$  で切りとったものを表わしている。この斜線を施した2つの長方形が、光束9内に収まれば、上記条件(50%通過)が満たされると考えて良い。そのためには、次式(1)が成立すれば良い。

5 
$$u + s \leq (L + h) / 2 \quad \dots (1)$$

図1bに示した通りの各符号の意味を繰り返して記せば、 $s$ はスラブ型レーザ媒質1の長手方向長さ、 $u$ は球面鏡4の反射面の中心5とスラブ型レーザ媒質1の端面11bの間の距離、 $L$ は球面鏡4の反射面の曲率半径、  
10  $h$ は重なり領域20の長さである。

上記式(1)の条件は、本発明の技術思想を適用した固体レーザ発振装置が、実際上好ましい効率で動作する一つの目安と考えて差し支えない。なお、実施例における具体値、 $s = 206 \text{ mm}$ 、 $L = 800 \text{ mm}$ 、 $u = 20$   
15  $0 \text{ mm}$ 、 $h = 505 \text{ mm}$ について上記式(1)を検証すると、式(1)の左辺  $= 406 \text{ mm}$ 、式(1)の右辺  $= 682.5 \text{ mm}$ となり、上記式(1)は余裕を以て成立している。

以上、部分反射鏡2、全反射鏡3として平面鏡、折返し鏡4として球面鏡を使用した例を中心に説明した。しかし、折返し鏡4として球面鏡以外の凹面鏡を使用しても、本発明の原理に従って斜め折返し光路が形成出来ることは明らかである。また、部分反射鏡2、全反射鏡3として曲率半径の大きな球面鏡などの使用も、斜め折返し  
20 光路の形成が不可能にならない限り許容されることは  
25

言うまでもない。

本発明によれば、スラブ型レーザ媒質を用いた固体レーザ発振装置に折返し鏡を経由して部分反射鏡と全反射鏡との間を往復する光路を形成した共振器構造を取り入れられる。これにより、スラブ型レーザ媒質の矩形断面の一方方向について高い品質を持つレーザ光を出力出来るようになる。また、ジグザグ光路を形成する手法と組み合わせることにより、スラブ型レーザ媒質の矩形断面の両方向について高い品質を持つレーザ光の出力が可能になる。



## 請 求 の 範 囲

1. レーザ励起によってレーザー光を発生するスラブ型レーザー媒質と、

5 前記スラブ型レーザー媒質の長手方向における一方の端面側に配設された折返し鏡と、前記スラブ型レーザー媒質の他方の端面側に互いに隣接し且つ傾斜して配設された部分反射鏡及び全反射鏡とを有し、前記レーザー媒質から発生するレーザー光を共振する光共振器とを備え、

10 前記折返し鏡、前記部分反射鏡及び前記全反射鏡は、前記折返し鏡を経由した前記部分反射鏡と前記全反射鏡との間の光路が、前記スラブ型レーザー媒質の長手軸に垂直な矩形断面の向かい合う一对の辺の延在方向に沿った第1の断面内に於いて前記長手軸を缺んで傾斜して形成されるように配置され、前記部分反射鏡からレーザー光が  
15 前記光共振器の外部に取り出される、固体レーザー発振装置。

2. 前記レーザー光は前記スラブ型レーザー媒質内部で繰り返し全反射し、前記光路は前記第1の断面と垂直な第2の断面内に於いてジグザグ状に形成される、請求の範囲  
20 第1項に記載のスラブ型固体レーザー発振装置。

3. 前記スラブ型レーザー媒質の一方の端面及び他方の端面は、前記第2の断面内において、ほぼブリュースタ条件を満たす角度を以て傾斜している、請求の範囲第1項に記載のスラブ型固体レーザー発振装置。

25 4. レーザ励起によってレーザー光を発生するスラブ型レ

ーザ媒質と、

前記スラブ型レーザ媒質の長手方向における一方の端面側に配設された折返し鏡と、前記スラブ型レーザ媒質の他方の端面側に互いに隣接し且つ傾斜して配設された部分反射鏡及び全反射鏡とを有し、前記レーザ媒質から発生するレーザ光を共振する光共振器とを備え、

前記折返し鏡、前記部分反射鏡及び前記全反射鏡は、前記折返し鏡を経由した前記部分反射鏡と前記全反射鏡との間の光路が、前記スラブ型レーザ媒質の長手軸に垂直な矩形断面の向かい合う一対の辺の延在方向に沿った第1の断面内に於いて前記長手軸を缺んで傾斜して形成されるように、且つ、前記スラブ型レーザ媒質の少なくとも50%の部分が前記光共振器内に形成される前記光路で占められるように配置され、前記部分反射鏡からレーザ光が前記光共振器の外部に取り出される、前記スラブ型固体レーザ発振装置。

5. 前記レーザ光は前記スラブ型レーザ媒質内部で繰り返し全反射し、前記光路は前記第1の断面と垂直な第2の断面内に於いてジグザグ状に形成される、請求の範囲第4項に記載のスラブ型固体レーザ発振装置。

6. 前記スラブ型レーザ媒質の一方の端面及び他方の端面は、前記第2の断面内において、ほぼブリースタ条件を満たす角度を以て傾斜している、請求の範囲第4項に記載のスラブ型固体レーザ発振装置。

7. レーザ励起によってレーザ光を発生するスラブ型レ

ーザ媒質と、

前記スラブ型レーザ媒質の長手方向における一方の端面側に配設された折返し鏡と、前記スラブ型レーザ媒質の他方の端面側に互いに隣接し且つ傾斜して配設された  
5 部分反射鏡及び全反射鏡とを有し、前記レーザ媒質から発生するレーザ光を共振する光共振器とを備え、

前記折返し鏡、前記部分反射鏡及び前記全反射鏡は、前記折返し鏡を経由した前記部分反射鏡と前記全反射鏡との間の光路が、前記スラブ型レーザ媒質の長手軸に垂直な矩形断面の向かい合う一対の辺の延在方向に沿った  
10 第1の断面内に於いて前記長手軸を缺んで傾斜して形成されるように配置され、前記部分反射鏡からレーザ光が前記光共振器の外部に取り出され、更に、

$$u + s \leq (L + h) / 2 \quad \dots [1]$$

15 (但し、s ; スラブ型レーザ媒質の長手方向長さ、u ; 球面鏡の反射面の中心とスラブ型レーザ媒質の相対的に近い方の端面の間の距離、L ; 球面鏡の反射面の曲率半径、h ; 部分反射鏡と折返し鏡の間の光束通路と全反射鏡と折返し鏡の間の光束通路との重なり領域の、ス  
20 ラブ型レーザ媒質の長手方向に沿った長さ)

の条件が成立している、スラブ型固体レーザ発振装置。

8 . 前記レーザ光は前記スラブ型レーザ媒質内部で繰り返して全反射し、前記光路は前記第1の断面と垂直な第2の断面内に於いてジグザグ状に形成される、請求の範囲  
25 第7項に記載のスラブ型固体レーザ発振装置。

9. 前記スラブ型レーザ媒質の一方の端面及び他方の端面が、前記第2の断面内において、ほぼブリュースタ条件を満たす角度を以て傾斜している、請求の範囲第7項に記載のスラブ型固体レーザ発振装置。
- 5 10. 前記スラブ型レーザ媒質が、NdをドープしたYAGレーザ結晶である、請求の範囲第1項乃至第9項のいずれかに記載のスラブ型固体レーザ発振装置。

**FIG. 1 a**

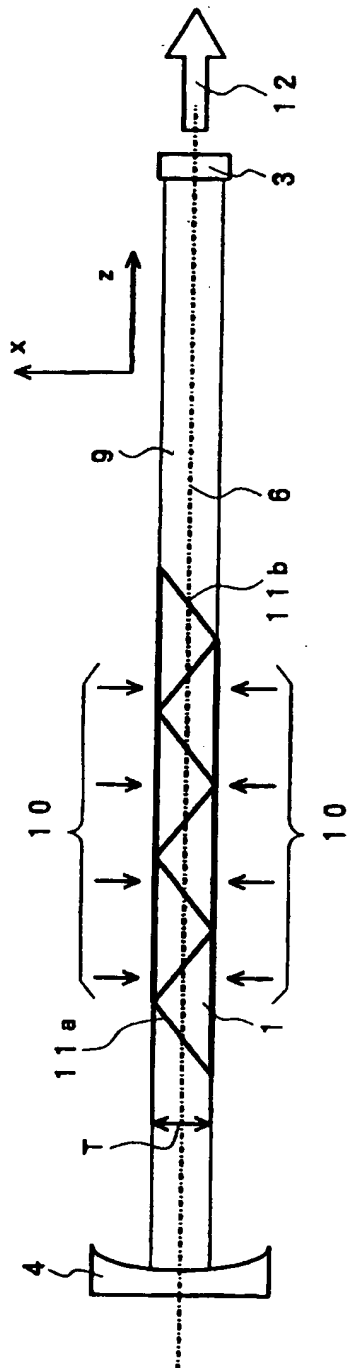


Fig. 16

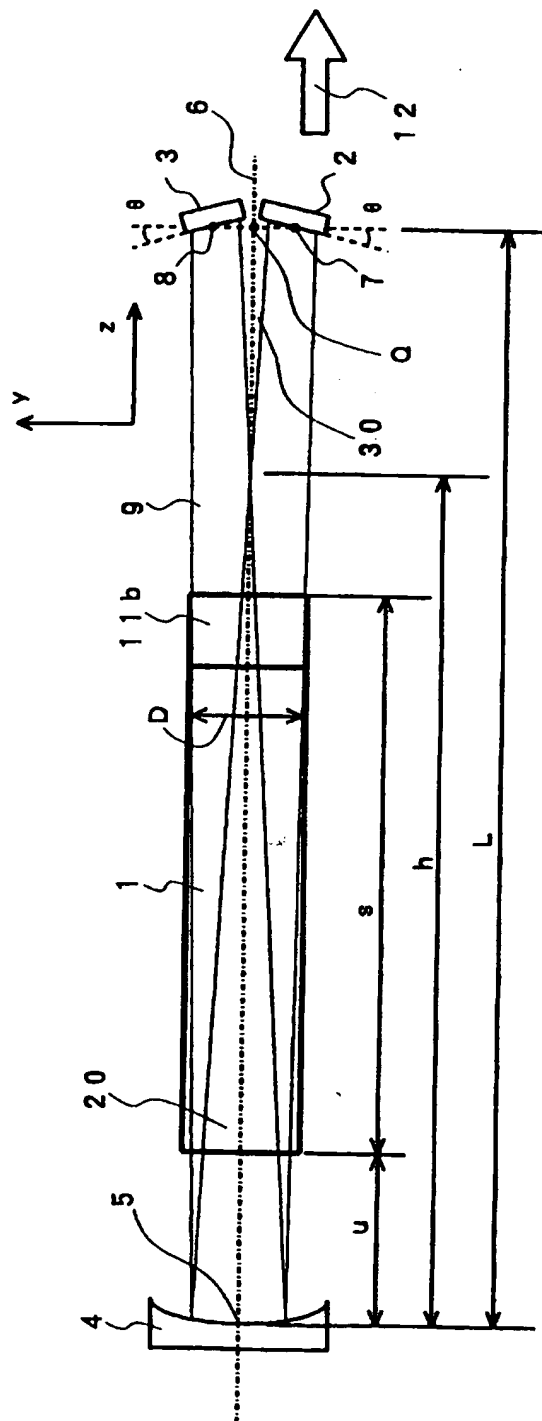


FIG. 2

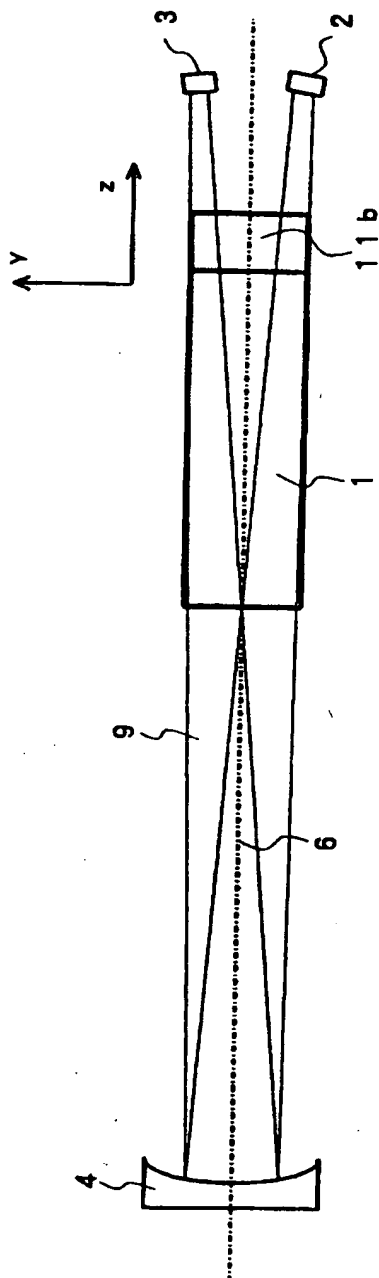
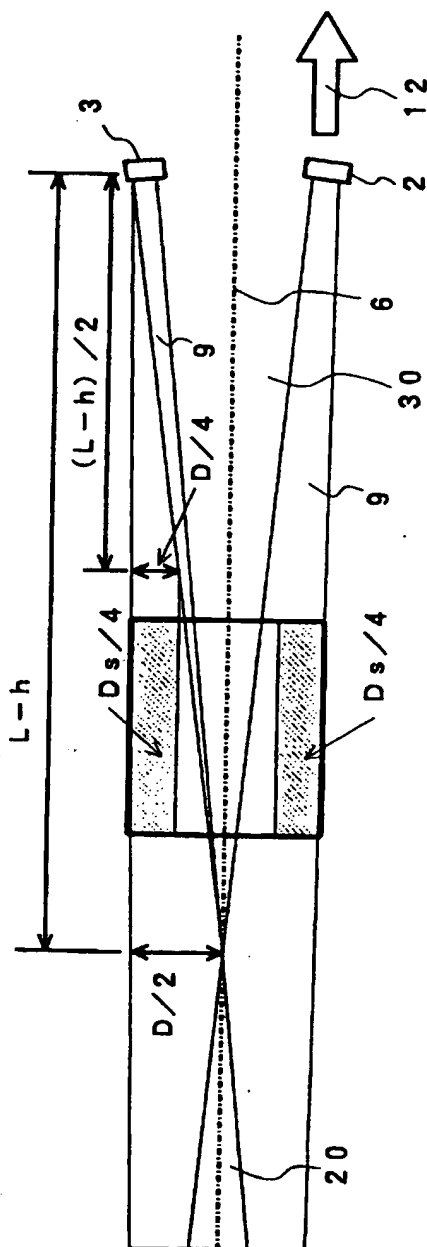


FIG. 3







## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/01195

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl<sup>6</sup> H01S3/06, H01S3/081

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl<sup>6</sup> H01S3/06, H01S3/081

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Jitsuyo Shinan Koho        | 1926 - 1997 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho  | 1971 - 1997 |
| Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994 - 1997 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages           | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A         | JP, 6-268289, A (Hitachi, Ltd.),<br>September 22, 1994 (22. 09. 94) (Family: none)           | 1 - 10                |
| Y         | JP, 4-259275, A (Fuji Electric Co., Ltd.),<br>September 14, 1992 (14. 09. 92) (Family: none) | 1 - 10                |
| Y         | JP, 7-99358, A (Fuji Electric Co., Ltd.),<br>April 11, 1995 (11. 04. 95) (Family: none)      | 1 - 10                |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"B" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

June 25, 1997 (25. 06. 97)

Date of mailing of the international search report

July 8, 1997 (08. 07. 97)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> H01S3/06, H01S3/081

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> H01S3/06, H01S3/081

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1997

日本国公開実用新案公報 1971-1997

日本国登録実用新案公報 1994-1997

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| A               | J P, 6-268289, A (株式会社日立製作所) 22. 9月. 1994 (22. 09. 94) (ファミリーなし) | 1-10             |
| Y               | J P, 4-259275, A (富士電機株式会社) 14. 9月. 1992 (14. 09. 92) (ファミリーなし)  | 1-10             |
| Y               | J P, 7-99358, A (富士電機株式会社) 11. 4月. 1985 (11. 04. 95) (ファミリーなし)   | 1-10             |

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に関する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25. 06. 97

国際調査報告の発送日

08.07.97

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

2 K

8507

小橋 立昌

電話番号 03-3581-1101 内線